

---

---

## IRRADIAÇÃO DE DROGAS VEGETAIS UTILIZANDO RAIOS GAMA

### IRRADIATION OF VEGETAL DRUGS USING GAMA RAYS

**Astrid WIENS<sup>1</sup>; Helena H. L. BORBA<sup>2</sup>**

1. Doutora em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal do Paraná. e-mail: astrid@urpf.br

2. Mestre em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal do Paraná.

#### **RESUMO:**

As drogas vegetais em geral possuem elevada carga microbiana. Por este motivo, a irradiação por radiação gama é uma prática cada vez mais freqüente para a descontaminação de drogas vegetais. Algumas vantagens, além da redução da carga microbiana são que a radiação não deixa resíduos, não aquece o material e pode ser aplicada no produto já embalado, evitando assim novas contaminações durante o processo de embalagem. Cada droga vegetal deve ser avaliada individualmente para verificar se a sua irradiação reduz eficientemente a carga microbiana, e em qual dose isto acontece. Além disso, estudos relacionados à estabilidade dos princípios ativos devem ser realizados após a irradiação das drogas. Neste estudo secundário, foram buscados na literatura artigos que avaliaram a irradiação de diferentes espécies de drogas vegetais utilizando a radiação gama.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação gama; drogas vegetais; descontaminação.

#### **ABSTRACT:**

The vegetal drugs in general have high microbial load. For this reason, irradiation by gamma radiation is an increasingly common practice for the decontamination of these drugs. Some advantages, besides the reduction of microbial load are radiation leaves no residue, do not heat the material and can be applied to the product already packaged, thereby preventing further contamination during the packaging process. Each vegetal drug should be evaluated individually to evaluate if its irradiation effectively reduces the microbial load, and at what dose this happens. In addition, studies related to the stability of the active ingredients should be performed after the irradiation of drugs. In this secondary study, articles assessing the irradiation of different kinds of vegetal drugs using gamma radiation were searched in the literature.

**KEYWORDS:** Gamma radiation; vegetal drugs; decontamination.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Irradiação de drogas vegetais

Atualmente a irradiação de produtos com raios gama é amplamente conhecida e utilizada para diversos fins. Na indústria farmacêutica vêm cada vez mais sendo utilizado, considerando que existem várias vantagens associadas à irradiação gama. Algumas destas vantagens são: alta penetração dos raios gama, podendo ser aplicada aos materiais já embalados; não altera a temperatura do produto; não deixa resíduos; produtos podem ser consumidos imediatamente após o processo (ABUHANUGLU, 2010). Além disso, o processo é rápido, seguro e reprodutível.

As drogas vegetais em geral possuem uma elevada carga microbiana e, além disso, ainda pode ocorrer maior contaminação durante o manuseio do produto na própria indústria, como separação, embalagem, etc. (SATOMI, 2005; AQUINO, 2007). O material vegetal pode estar contaminado por uma grande variedade de microrganismos, os quais podem causar alterações físicas ou químicas na droga ou em seus metabólitos (CAMARGO, 2007).

Os efeitos da contaminação por fungos incluem um potencial de germinação reduzida, desenvolvimento de bolor visível, descoloração, odor desagradável, a perda de matéria seca, além de alterações químicas e nutricionais, perda de qualidade e produção de micotoxinas (CHRISTENSEN, 1969; FRISVAD, 1991; WECHSLER, 1999; ZEISEL, 1999).

Os fungos tóxicos mais frequentemente encontrados em alimentos ou grãos são das espécies *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, sendo que algumas espécies, como o *Aspergillus flavus* produzem aflatoxinas como a aflatoxina B1 que é altamente tóxica e pode levar a lesões, imunossupressão e câncer hepático (OSWEILER, 2010).

O limite geral (unidades formadoras de colônias por grama) para materiais de plantas não tratadas colhidas sob condições de higiene aceitável é de  $10^5$  UFC/g. Para os materiais de plantas que tenham sido utilizados como formas de dosagem tópicas, o limite máximo para as leveduras e bolores são  $10^4$  UFC/g. Finalmente, para plantas de uso interno o limite de bolores e leveduras é de  $10^3$  UFC/g (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998).

A susceptibilidade de microrganismos e / ou os seus esporos, à radiação gama, tem sido bem estabelecida. A radiação ionizante produz alterações químicas no substrato que inativam os microrganismos. A energia da radiação ionizante afeta diretamente as moléculas de DNA microbiano, levando a danos nas células fúngicas ou bacterianas. Outro efeito da radiação (conhecido como o efeito indireto) é a energia de interação com as moléculas de água presentes no substrato ou alimento, a produção de radicais livres e íons que atacam o DNA de microrganismos, matando-os (FARKAS,

---

---

1985; SALEH, 1988; THAYER, 1993).

Um dos grandes problemas da irradiação de drogas vegetais é se a irradiação afeta ou não o princípio ativo e outros componentes presentes naturalmente na planta. Por isso, para cada espécie, testes específicos devem ser realizados para avaliar essas possíveis alterações. No Brasil, a RDC 48 de 16 de março de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, requer estudos relacionados à estabilidade dos princípios ativos após exposição ao agente selecionado (BRASIL, 2004). Como exemplo, um estudo que avaliou a irradiação de *Camellia sinensis* utilizando Cobalto-60 verificou o aumento de compostos orgânicos voláteis nas amostras após a irradiação. Além disso, foi observada formação de aromas agradáveis e desagradáveis os quais não são encontrados naturalmente no chá verde. Portanto, a irradiação nas doses testadas (5 a 20 kGy) não é indicada para esse tipo de droga vegetal (FANARO, 2011).

A dose de radiação letal varia conforme microrganismo. Bactérias são mais susceptíveis à radiação do que fungos. Nesse estudo foi feita uma revisão na literatura, buscando estudos que avaliem o uso da radiação gama em drogas vegetais para a sua descontaminação.

## **1.2 Estudos reportando a descontaminação de drogas vegetais**

O estudo de Byun (1997) objetivou avaliar como o processo de irradiação contribui para a qualidade do ginseng coreano vermelho quanto às suas propriedades físico-químicas. A fonte de radiação utilizada para irradiar o extrato pulverizado foi o Cobalto-60, nas doses de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10 kGy. O ginseng vermelho pulverizado foi armazenado em embalagem de PVC previamente ao processo de irradiação. As amostras foram irradiadas a temperatura ambiente aplicando-se as doses de 0, 2.5, 5, 7.5 e 10 kGy. As amostras não irradiadas e irradiadas foram armazenadas a temperatura ambiente. Foram avaliadas a composição, pH, acidez e rancidez (determinada pela quantidade de ácido tiobarbitúrico – TBA). Outras análises realizadas incluíram a mensuração da atividade doadora de hidrogênio, os parâmetros de cor do ginseng, determinação de ácidos graxos, determinação de aminoácidos livres e totais, determinação de minerais, saponinas (HPLC), e açúcares livres (HPLC) (BYUN, 1997).

Os componentes encontrados na amostra de ginseng vermelho foram proteínas brutas, gorduras brutas, cinzas brutas, açúcar redutor e açúcares totais. O conteúdo de açúcar redutor foi levemente aumentado pela irradiação a 10 kGy, sem haver alterações nos demais componentes da planta. Não foram encontradas alterações significativas no pH e acidez das amostras submetidas ao processo de irradiação. Contudo, o pH diminuiu e a acidez aumentou conforme o aumento do tempo de armazenamento, para todas as amostras. Estes resultados indicam que o pH e a

---

acidez não sofrem influência pela radiação gama. O valor de TBA aumentou conforme o aumento da dose da radiação e do período de tempo de armazenamento, em todas as amostras. Pode-se inferir que os lipídeos são atacados por radicais livres, os quais são formados pelo processo de irradiação, e então o peróxido e outros produtos de oxidação são formados sob condição aeróbica em um processo similar ao da auto-oxidação dos lipídeos. A atividade doadora de hidrogênio foi investigada para a avaliação da atividade antioxidante do extrato de ginseng vermelho pulverizado. Não foram observadas alterações significativas na atividade doadora de hidrogênio após o processo de irradiação. No entanto, após 6 meses de armazenamento a atividade doadora de hidrogênio foi aumentada em todas as amostras (BYUN, 1997).

Dezessete aminoácidos selecionados foram determinados no ginseng vermelho pulverizado. Os conteúdos de aminoácidos totais não sofreram alterações significativas. Um aumento nos níveis de aminoácidos livres, em proteínas solúveis, e em proteólise *in vitro* foi observado na amostra irradiada com 10 kGy, quando comparada ao controle não irradiado. Desta forma, o aumento observado em alguns aminoácidos livres no ginseng irradiado pode ter ocorrido em virtude da quebra e liberação de proteínas. Em relação aos minerais, os principais elementos encontrados foram potássio, cálcio, fósforo, magnésio e sódio. Como um todo, não foram observadas alterações significativas nos conteúdos elementares das amostras submetidas à irradiação, mesmo a 10 kGy. As saponinas são os componentes mais eficazes do ginseng. Neste experimento, as saponinas do ginseng vermelho se mostraram bastante estáveis frente à radiação gama. Não foram observadas alterações significativas no conteúdo de ginsenósídeos pelo processo de irradiação. Os açúcares livres são os principais constituintes das raízes de ginseng. Os principais açúcares são maltose, sucrose, frutose, glucose e ramnose. A maltose, a sucrose e a glucose aumentaram significativamente após o processo de irradiação. Estes resultados indicam que os açúcares livres foram significativamente aumentados devido à degradação de polissacarídeos e grupo glicosídeo pelo processo de irradiação.

Os efeitos da irradiação gama sobre a carga microbiana de amostras de *Ginkgo biloba* e *Paulinia cupana* (guaraná) foram avaliadas por Satomi e colaboradores (SATOMI, 2005). Além da carga microbiana, também foram avaliados os efeitos da irradiação nos constituintes químicos das amostras. As drogas vegetais foram acondicionadas em embalagens de polietileno e submetidas à radiação gama nas doses de 5,5; 11,4 e 17,8 kGy. Foram realizadas contagens de microrganismos aeróbicos totais e fungos, além de microrganismos potencialmente patogênicos, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* spp. Os ensaios foram realizados de acordo com a Farmacopéia Brasileira 4ª edição (1988) (FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4.ED., 1996).

---

---

No grupo controle (não irradiado), elevados níveis de microrganismos aeróbicos totais e fungos foram encontrados, na ordem de  $10^3$  a  $10^7$  UFC/g. Após a irradiação, constatou-se que a menor dose média absorvida (5,5 kGy) foi suficiente para reduzir a contagem de fungos para valores aceitáveis em todas as amostras. Para microrganismos aeróbicos totais, a dose de 11,4 kGy foi necessária para eliminar os microrganismos até valores aceitáveis. Os teores de glicosídeos flavonoídicos foram avaliados no Ginkgo, sendo que em nenhuma das doses testadas houve redução significativa. No guaraná, foi realizado o doseamento de cafeína antes e após a irradiação, sendo que também não houve alterações significativas no seu conteúdo. Portanto o método foi considerado eficaz na redução da carga microbiana das espécies testadas, além de não causarem alterações no teor dos marcadores avaliados (SATOMI, 2005).

Em 2005, Peregrino e colaboradores avaliaram o perfil fitoquímico de extratos e tinturas obtidos das partes aéreas de *Mikania glomerata* (Guaco) submetidos a diferentes doses de radiação gama, nas doses de 3,5 e 5 kGy. Foram avaliados os teores de Cumarina e ácido o-cumárico através de HPLC com detector de UV (254nm) antes e após a irradiação. A cumarina é um dos princípios ativos do Guaco, tendo como precursor natural o ácido o-cumárico, e isto faz destas duas substâncias boas marcadoras fitoquímicas para a avaliação da qualidade da droga vegetal. Foi observado um aumento na concentração de cumarina em relação ao ácido o-cumárico nos extratos fluidos e nas tinturas. Não foram encontradas diferenças entre as razões relativas ( $A_o/A_c$  – área relativa do ácido o-cumárico/área relativa da cumarina) dos extratos fluidos tratados com diferentes doses de radiação gama, bem como nas razões relativas das tinturas advindas das plantas tratadas da mesma maneira. Apesar do aumento no conteúdo de cumarina observado para todas as amostras dos extratos fluidos e das tinturas, os perfis cromatográficos daqueles preparados de plantas irradiadas não foram diferentes daqueles obtidos de plantas não submetidas à radiação gama. A cumarina, por si só, não apresenta atividade anticoagulante. No entanto, se as plantas que contêm cumarina não forem adequadamente armazenadas, determinados compostos com potente atividade anticoagulante podem ser sintetizados por meio da metabolização por certos fungos (*Penicillium nigricans* ou *P. jensi*). Isto ressalta a importância da descontaminação de plantas contendo cumarina, de modo a obter materiais vegetais com qualidade e segurança. Como conclusões, os resultados obtidos no estudo indicam que o tratamento de folhas de *Mikania glomerata* com radiação gama nas doses de 3.5 e 5 kGy não afeta os perfis cromatográficos dos extratos fluidos e das tinturas. O aumento na concentração de cumarina, obtido neste experimento, pode ser considerado benéfico, uma vez que esta substância corresponde a um dos compostos ativos da planta (PEREGRINO, 2005).

No estudo de Aquino (2007), foram avaliadas amostras de *Peumus boldus*

(Bordo), *Camellia sinensis* (Chá verde), *Maytenus ilicifolia* (Espinheira santa) e *Cassia angustifolia* (Sene). As amostras foram irradiadas com Cobalto-60 (radiação gama) na dose de 10 kGy. O controle de fungos foi realizado no dia 0 e após 30 dias. Além disso foi separado um grupo controle, sem irradiação. Os controles variaram na ordem de  $10^3$  a  $10^5$  UFC/g. As doses irradiadas apresentaram zero UFC/g nos dias zero e após 30 dias, demonstrando que a dose de 10 kGy foi efetiva na descontaminação de fungos das drogas vegetais avaliadas (AQUINO, 2007).

Camargo e colaboradores (2007), avaliaram se houve alterações no conteúdo do óleo essencial da espécie *Turnera diffusa* após a sua irradiação. Foram utilizadas amostras de folhas secas e trituradas e foram avaliados os princípios ativos Cineol e Timol, através de Cromatografia gasosa com detector FID (*flame ionization detector*). Foi demonstrado que a radiação gama ocasionou alterações irregulares na composição química do cineol e timol após serem submetidos à descontaminação por processo de irradiação. Isto indica que novos estudos devem ser realizados para avaliar de modo qualitativo e quantitativo estas alterações bem como propriedades biológicas em outras plantas medicinais também submetidas a este processo de descontaminação (CAMARGO, 2007).

Ainda em 2007, o estudo de Ferreira-Castro *et al.* objetivou avaliar a eficácia da irradiação gama como processo de descontaminação na espécie de milho *Zea mays* L. contendo *Fusarium verticillioides*, sob condições controladas de umidade relativa e atividade de água. Essa espécie de fungo produz um tipo de micotoxina denominado fumonisina, tóxico ao organismo humano. Foram testadas doses de 2, 5 e 10 kGy utilizando a fonte radioativa de Cobalto-60 (gama) para irradiar o grão de milho. 200 g de grãos foram embalados em sacos plásticos, envoltos por sacos de papel e então selados (FERREIRA-CASTRO, 2007).

Primeiramente as amostras (200 g) foram irradiadas a 20 kGy para eliminar os fungos naturais. As amostras então foram mantidas em recipientes estéreis envoltos por um recipiente de plástico. As amostras de 200 g foram contaminadas com 2 mL da suspensão dos esporos do fungo, e então colocadas em recipientes plásticos. Os recipientes foram selados e incubados a 25°C por 15 dias. Após este período, as amostras foram irradiadas com doses de 2, 5 e 10 kGy, respectivas a cada grupo analisado, e o grupo controle não recebeu radiação gama. Após a irradiação, alíquotas de 10 g de cada amostra foram moídas e misturadas à água destilada. Após incubação a 25°C por 7 dias, a contagem foi realizada, sendo os resultados expressos em unidades formadoras de colônia por grama (UFC/g) (FERREIRA-CASTRO, 2007).

A determinação de esporos viáveis foi realizada por microscopia de fluorescência. A determinação de fumonisinas FB1 e FB2 foi realizada por meio de cromatografia líquida de alta eficiência. Os derivados de FB1 e FB2 foram determinados por detector de fluorescência a 335 e 440 nm. A radiação gama foi efetiva

na inibição do crescimento fúngico e reduziu as concentrações de fumonisina nos grupos testados. A irradiação a 2 kGy (grupo 1) reduziu a concentração média do crescimento fúngico; a irradiação a 5 kGy (grupo 2) promoveu crescimento fúngico em somente duas das amostras, sendo que na terceira não foi observado crescimento; as amostras irradiadas a 10 kGy (grupo 3) foram completamente inativadas. As porcentagens de esporos viáveis encontrados nos grupos 2 e 3 foram 6% e 0%, respectivamente. As quantidades de fumonisinas nas amostras testadas foram alteradas após o processo de irradiação, de modo que as concentrações destas toxinas encontradas nas amostras irradiadas foram inversamente proporcionais à dose da radiação. Quanto à viabilidade, nas amostras controles cerca de 72-83% das células estavam viáveis (fluorescência verde). A viabilidade diminuiu gradativamente conforme o aumento da dose da radiação. No grupo 3, todas as células estavam mortas (fluorescência vermelha). Isto confirmou os resultados encontrados na contagem em placa, na qual não foi detectado crescimento algum de colônias de fungos. As estruturas dos fungos nas amostras dos grupos 2 e 3 apresentaram torções e rupturas nas hifas e esporos. Estas alterações podem ser atribuídas aos diferentes efeitos da radiação nas células fúngicas. Como conclusões, doses de radiação gama acima de 5 kGy inibiram efetivamente o crescimento do fungo *Fusarium verticillioides* em grãos de milho, embora a completa eliminação da microflora fúngicas requereu a dose de 10 kGy. Por microscopia eletrônica de varredura foi possível identificar que houve dano ao micélio do fungo em virtude da exposição à radiação gama. O teste de viabilidade fluorescente dos esporos mostrou que as amostras do grupo 1 permaneceram viáveis (36%) e a produção de fumonisinas aumentou após a irradiação, mesmo com a redução na contagem de células fúngicas. Isto demonstra que não há correlação direta entre a redução na contagem de células fúngicas (UFC/g) e a presença da micotoxina. Altas doses de radiação (10 kGy) são necessárias para a eliminação de micotoxinas ou redução nas suas concentrações a níveis aceitáveis, bem como para a eliminação de bolores (FERREIRA-CASTRO, 2007).

A influência da radiação gama sobre extratos brutos de *Anacardium occidentale* foi analisada no estudo de Santos et al., a fim de avaliar a efetividade dos extratos após o processo de irradiação quanto ao seu potencial como agente antimicrobiano. Fontes de Cobalto-60 foram utilizadas nas doses de 5, 7,5 e 10 kGy nos extratos da casca e folhas da espécie vegetal. Foi feito doseamento de fenóis e taninos. O ensaio microbiológico qualitativo foi realizado por teste de difusão, e o teste quantitativo por técnica de diluição para a determinação da MIC (concentração inibitória mínima). Os extratos foram testados para os seguintes micro-organismos: bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*); bactérias Gram-negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*); bactérias álcool-ácido resistentes

---

(*Mycobacterium smegmatis*); e como representante das leveduras foi avaliada a *Candida albicans* (SANTOS, 2010).

Os experimentos deste trabalho mostraram que a radiação gama provoca alterações nas propriedades físico-químicas dos extratos de folhas de *A. occidentale*, aumentando os níveis de fenóis totais e taninos. Os extratos das cascas e folhas de *A. occidentale* foram capazes de inibir o crescimento de bactérias Gram-positivas e álcool-ácido resistentes, além de leveduras. Os extratos se mostraram inativos diante das bactérias Gram-negativas. As doses de 5, 7,5 e 10 kGy promoveram algumas alterações na atividade antimicrobiana da *A. occidentale* em relação às bactérias Gram-positivas e álcool-ácido resistentes. A radiação gama é dose-dependente da atividade antimicrobiana, principalmente contra *S. aureus* para as cascas e folhas. A radiação gama promoveu modificações químicas nos compostos, aumentando a sua ação contra *S. aureus* e também os componentes fenólicos. Estes dados sugerem que os extratos das folhas de *A. occidentale* podem ser utilizados como substitutos do extrato da casca, o qual é comumente utilizado como fontes terapêuticas. Como conclusões, os extratos brutos de cascas e folhas de *A. occidentale*, submetidos ou não a radiação gama, mostraram uma atividade pronunciada contra bactérias Gram-positivas e álcool-ácido resistentes, a qual está associada aos conteúdos de taninos. Os extratos mostraram uma atividade dose-dependente contra *S. aureus* (SANTOS, 2010).

Chianga e colaboradores (2011) investigaram o efeito de diferentes doses de radiação gama na carga microbiana, componentes químicos e características antioxidantes de raízes de *Polygoni Multiflori*. As amostras foram irradiadas com Cobalto-60 nas doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy; amostras adicionais foram tratadas com 5, 10 e 15 kGy de radiação gama para avaliar alterações nas atividades antioxidantes e nos compostos ativos (atividade antioxidante; polifenóis; flavonóides; flavonol) (CHIANGA, 2011).

Doses de 2 kGy foram suficientes para a higienização contra enterobactéria, enquanto 6 kGy foram necessários para a higienização de leveduras e fungos. Uma vez que a dose requerida para remover a contaminação microbiana é superior à requerida para suprimir insetos, os insetos serão eliminados concomitantemente. A 4 kGy bolores e leveduras são consideravelmente reduzidos; a 6 kGy, leveduras e fungos já não são mais observados na planta; uma dose de 8 kGy leva a inativação completa dos microorganismos contaminantes. Quanto à atividade antioxidante, a dose de 5 kGy aumentou os produtos radiolíticos do *Polygoni Multiflori*, porém, aparentemente incrementou o efeito antioxidante da planta. O conteúdo de fenóis totais não variou distintamente entre as amostras de *Polygoni Multiflori* irradiadas. Os compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes aumentaram, provavelmente porque outros compostos fenólicos são formados durante o processo de irradiação. Como conclusão,

---

os resultados deste estudo indicaram que a radiação gama, a 5 kGy, foi efetiva para a higienização do *Polygoni Multiflori*. O processo de irradiação não alterou a aparência da planta. No entanto, após o processo a 5 kGy, algumas propriedades físico-químicas foram levemente alteradas ou compensadas pela melhora na higiene da planta medicinal, como a redução no conteúdo de polifenóis. Contudo, os compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes foram incrementados. Isto mostra que a irradiação a 5 kGy pode ser um método bastante promissor para a descontaminação de cargas microbianas em vegetais, especialmente no *Polygoni Multiflori*, a fim de prolongar a sua vida de prateleira bem como a qualidade higiênica (CHIANGA, 2011).

No estudo de Gupta 2011, foram irradiadas quatro diferentes espécies de drogas vegetais: *Terminalia chebula* (fruta), *Curcuma longa* (rizoma), *Syzygium aromaticum* (flores) and *Mentha piperita* (folhas). As amostras foram coletadas, secadas durante 5 a 7 dias e embaladas em embalagens de polietileno. Foram então irradiadas usando a fonte de cobalto-60 nas doses de 2,5; 5; 10; 20 e 25 kGy. Também foram separadas amostras não submetidas à irradiação, para utilizar como controle (GUPTA, 2011).

Após a irradiação, as amostras do grupo controle tinham uma contaminação de  $10^3$  a  $10^6$  UFC/g. A irradiação gama na dose de 2,5 kGy resultou em redução de 2 log na contagem de bactérias mesófilas aeróbias totais, exceto na espécie *Syzygium aromaticum*. No entanto, não foram encontrados bolores, leveduras e coliformes após a irradiação com 2,5 kGy. A irradiação gama na dose de 5,0 kGy resultou em redução de 5 ou 4 log na contagem bacteriana de aeróbios mesófilos de *Terminalia chebula* e *Mentha piperita*, respectivamente. Esterilização completa foi obtida em 10 kGy. O rendimento total de extração das todas as plantas medicinais foi aumentada em 0,5 a 25%, a uma dose de 25 kGy. Este estudo indica que a irradiação gama aumenta o rendimento de extração e é um tratamento eficaz para a descontaminação microbiana de plantas medicinais (GUPTA, 2011).

## 2. CONCLUSÃO

Não é possível prever qual a droga vegetal que pode ser descontaminada por irradiação, antes de um estudo minucioso. Deve ser avaliado previamente se a radiação gama pode alterar algum dos compostos presentes naturalmente na planta, como por exemplo levar à degradação de um princípio ativo ou formação de novos compostos que possam ser tóxicos ao serem ingeridos pelo ser humano. Em um estudo realizado com 17 espécies diferentes de plantas na Tailândia, doses de 7,7 a 8,8 kGy de radiação gama foram utilizadas. As amostras foram testadas qualitativamente e quantitativamente com relação aos princípios ativos presentes após a irradiação. Também foram avaliadas bactérias aeróbias, *Staphylococcus* spp., *Salmonella* spp.,

coliformes totais e fungos. Não houve alteração significativa dos princípios ativos presentes nas plantas, nem foram observadas alterações de cor, odor ou sabor de nenhuma das espécies estudadas. Além disso, após a irradiação foi verificada ausência de microrganismos aeróbios (PHIANPHAK, 2009). Já em outro estudo realizado com plantas chinesas, 30 espécies distintas foram submetidas à irradiação com raios gama proveniente do cobalto-60 (doses de 3 a 9 kGy). Os compostos químicos de cada espécie foram avaliados após a irradiação, através de cromatografia líquida de alta eficiência. Quase todas as espécies foram descontaminadas a níveis aceitáveis com a dose de 9 kGy. No entanto, houve pequenas alterações na estrutura molecular de 14 espécies de plantas. Isso demonstra a necessidade da avaliação individual de cada espécie a ser irradiada, pois cada planta necessita de diferentes doses para ser descontaminada e sem interferir na sua estrutura (HUANG, 2010).

Para cada droga vegetal deve ser realizado um estudo individual para avaliar qual a dose de radiação para aquela planta que seja suficiente para a sua descontaminação a valores aceitáveis. O princípio da otimização das Diretrizes Básicas de Radioproteção (1988) da Comissão Nacional de Energia Nuclear, deve ser considerado, sendo que as doses de radiação devem ser tão baixas quanto exequível (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 1998). Ou seja, a dose escolhida para irradiar drogas vegetais deve ser a mínima, desde que seja o suficiente para a descontaminação a níveis aceitáveis de microrganismos.

### 3. REFERÊNCIAS

ABUHANUGLU, G. and ÖZER, A. Radiation Effects on Pharmaceuticals. **FABAD J. Pharm. Sci.**, v. 35, p. 203-217, 2010.

AQUINO, S.; GONÇALEZ, E.; et al. Evaluation of fungal burden of medicinal plants submitted to gamma radiation process after 30 days. **International Nuclear Atlantic Conference**, Santos, SP, Brazil, 2007.

**BRASIL**. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Resolução n. 48 de 16 de março de 2004. Diário Oficial, Brasília, DF, 18 de março de 2004. Seção 1, v.53, p. 39-41.

BYUN, M.; YOON, H.; et al. Effects of gamma irradiation on physicochemical properties of korean red ginseng powder. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 49, n. 4, p. 483-489, 1997.

CAMARGO, E.; TELASCREA, M.; et al. Effect of the decontamination using gamma

---

---

irradiation on the essential oil of *Turnera diffusa* Wild. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 18, n. 3, p. 356-359, 2007.

CHIANGA, Y.; HUANGA, G.; et al. Influence of gamma irradiation on microbial load and antioxidative characteristics of *Polygoni Multiflori Radix*. **Process Biochemistry**, v. 46, p. 777-782, 2011.

CHRISTENSEN, C. and KAUFMANN, H. **Grain Storage: The Role of Fungi Quality Loss**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1969.

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR**. NE 3.01. Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1998.

FANARO, G.; DUARTE, R.; et al. Evaluation of gama-radiation on green tea odor volatiles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 80, n. p. 85-88, 2011.

FARKAS, J. **Principios de la irradiación de alimentos**. In: la irradiación de alimentos en Latinoamérica, octubre 24-28, Lima, Perú. Proceedings.Vienna: OIEA, 1985.

**FARMACOPÉIA BRASILEIRA**. 4.ED. São Paulo: Atheneu, pt. 2, p.16.1, 1996.

FERREIRA-CASTRO, F. L.; AQUINO, S.; et al. Effects of gamma radiation on maize samples contaminated with *Fusarium verticillioides*. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 65, n. 8, p. 927-33, 2007.

FRISVAD, J. and SAMSON, R. **Filamentous fungi in foods and feeds: ecology, spoilage and mycotoxins production**. Handbook of Applied Mycology: Foods and Feeds. New York, NY: Marcel Dekker, 1991: 31–68.

GUPTA, P.; GARG, N.; et al. Effect of Gamma Irradiation on the Extraction Yield and Microbial Contamination of Medicinal Plants. **International Journal of Food Safety**, v. 13, n. p. 351-354, 2011.

HUANG, C.; LEE, S.; et al. Evaluation of <sup>60</sup>Co-gamma radiosterilization on Chinese medicines with HPLC/FTIR. **Biomedical Chromatography**, v. 24, n. p. 1179–1184, 2010.

OSWEILER, G. **Clinical characteristics of specific mycotoxicoses in horses**. Mycotoxicoses in Animals Economically Important. New York, NY: Nova Science

Publishers, 2010.

PEREGRINO, C. and LEITÃO, S. Chromatographical profiles of fluid extracts and tinctures obtained from *Mikania glomerata* Sprengel sterilized by gamma ray irradiation. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 15, n. 3, p. 237-242, 2005.

PHIANPHAK, W.; RENGPIPAT, S.; et al. Gamma irradiation versus microbial contamination of Thai medicinal herbs. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 157-166, 2009.

SALEH, Y.; MAYO, M.; et al. Notes: resistance of some common fungi to gamma irradiation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 54, p. 2134–2135, 1988.

SANTOS, G.; SILVA, E.; et al. Influence of gamma radiation on the antimicrobial activity of crude extracts of *Anacardium occidentale* rich in tannins. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 21, n. 3, p. 444-449, 2010.

SATOMI, L.; SORIANI, R.; et al. Descontaminação de drogas vegetais empregando irradiação gama e óxido de etileno: aspectos microbianos e químicos. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 41, n. 4, p. 445-450, 2005.

THAYER, D. Extending shelf life of poultry and red meat by irradiation processing. **Journal of Food Protection**, v. 56, p. 831-833, 1993.

WECHSLER, J. Dietary supplements, standards and science. **Pharmaceuhical Technology Europe**, v. 11, p. 12-19, 1999.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Quality control methods for medicinal plant materials**. Printed in England. Geneva 1998.

ZEISEL, S. Regulation of "nutraceuticals". **Science**, v. 285, p. 1853–1854, 1999.